International Science Journal of Engineering & Agriculture
2022; 1(3): 143-151
https://isg-journal.com/international-science-journal-of-engineering-agriculture/
doi: 10.46299/j.isjea.20220103.12
ISSN: 2720-6319

ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ЕНЕРГОСБЕРЕГАЮЧІ ОПЦІЇ В СИСТЕМАХ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРУ

Володимир Нікульшин[1], Алла Денисова[1], Сергій Мельнік[1], Віктор Височин[1], Анатолій Андрющенко[1]
[1]Кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики, Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна

ORCID 0000-0001-5946-8562
ORCID 0000-0002-3906-3960
ORCID 0000-0002-4784-9736
ORCID 0000-0003-2279-203X
ORCID 0000-0003-1608-693X
Електронна адреса: vnikul@paco.net, alladenysova@gmail.com, mardaud@i.ua, vvwin.od@gmail.com, amandr@ukr.net

Для цитування цієї статті:
Володимир Нікульшин, Алла Денисова, Сергій Мельнік, Віктор Височин, Анатолій Андрющенко. Енергетичні характеристики та енергосберегаючі опції в системах виробництва цукру. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 1, No. 3, 2022, pp. 143-151. doi:10.46299/j.isjea.20220103.12.
Надійшла до редакції: 15 липня 2022 р.; **Схвалено:** 22 липня 2022 р.;
Опубліковано: 01 серпня 2022 р.

Анотація. Розраховані основні енергетичні показники типової схеми виробництва цукру продуктивністю 3000 т цукру на добу, аналіз яких показав, що найбільшими є втрати з парою, яка направляється в конденсатори з вакуум-апаратів та останнього корпусу випарної установки. На підставі цього аналізу сформовано три групи енергозберігаючих опцій. Опції, які використовують вторинні енергоресурси: - використання гарячого соку на клерювання жовтого цукру; використання утфельної пари; обігрів вакуум-апаратів утфельною парою; використання теплоти конденсатів для нагрівання відтіків у продуктовому відділенні; застосування конденсату для нагрівання дифузійного чи дефекованого соку; - Застосування конденсату для нагрівання соку 1-ї сатурації перед фільтрацією (відстійниками); використання конденсату для нагрівання соку перед 2-ою сатурацією та соку перед випарною установкою; використання теплоти сатураційних газів; використання деамонізованих конденсатів та жомопресової води для живлення дифузійних установок; використання утфельної пари для нагрівання дифузійного чи дефекованого соку. Опції, що змінюють параметри енергоносіїв: компресія вторинної пари;

зниження температури відбору дифузійного соку; зниження температури гарячої дефекації, процесу 1-ї та 2-ї сатурації; використання теплоти газів, що не конденсуються; зниження повернення нефільтрованого соку 1-ї сатурації, у тому числі повернення густої суспензії; застосування комбінованої пробілки цукру; підвищення розрідження у вакуум-апаратах за рахунок зниження підсмоктування повітря, поліпшення роботи конденсаційної установки, зниження аеродинамічних втрат у трубопроводах. Опції, що ґрунтуються на конструктивно-компонувальних рішеннях (структурні зміни): застосування гідродинамічного випарника; перенесення паровідбору на кінцеві корпуси; збільшення числа корпусів МВП; покращення циркуляції утфелю у вакуум-апараті вдуванням пари, аміачних газів, повітря; нагрівання відтіків у продуктовому відділенні в пластинчастих підігрівачах; зниження надходження пари з останнього корпусу в конденсатор; покращення теплової ізоляції обладнання та трубопроводів; відведення пропарювання вакуум-апаратів у клерувальні мішалки. Неважко бачити, що виявлені потенціали енергозбереження можуть бути основою подальшого пошуку раціональних варіантів схем виробництва цукру. Однак, слід враховувати, що реалізація більшості з них (наприклад, використання утфельної пари, компресія вторинної пари МВУ, перенесення паровідбору на кінцеві корпуси, збільшення числа корпусів МВУ тощо) вимагатиме суттєвих капітальних вкладень. Тому остаточне рішення про застосування конкретних енергозберігаючих опцій вимагає проведення відповідної термоекономічної оцінки, яка, як відомо, передбачає проведення термодинамічного аналізу системи з розрахунком відповідних ексергетичних потоків та втрат ексергії як в окремих елементах цукрового виробництва, так і в системі в цілому.

Ключові слова: системи виробництва цукру; енергетичний баланс; втрати теплоти.

---

1. Вступ

Енергоспоживання в цукровому виробництві йде, в основному, у вигляді теплоти [1]. , на проведення технологічних процесів: випаровування води з соку, уварювання утфелю, нагрів стружки для проведення дифузійного процесу, нагрівання соків в процесі очищення, а також на компенсацію втрат теплоти.

При цьому питомі енергетичні витрати на одиницю сировини можуть досягати 1500 кДж/кг. Тому зниження енергоспоживання в цукровому виробництві є вельми важливим і актуальним.

2. Аналіз літератури

Дослідженню енергоспоживання в цукровому виробництві присвячені численні публікації. Наприклад в [2,3] викладені загальні підходи для проведення розрахунків технологічних процесів, в [4,5] досліджені можливі раціональні підходи до енергозбереження в цукровому виробництві, в [6-10] проаналізовано використання когенераціі та інших комбінованих систем (виробництво етанолу, дістіляція) при виробництві цукору.

3. Постановка задачі

Провести енергетичні розрахунки та сформувати на іх підставі енергосберегаючи опціі в виробництві цукору.

4. Тепловий баланс типового цукрового заводу

Розглянемо тепловий баланс типового цукрового заводу продуктивністю 3000 т цукру на добу [1].

Результати аналізу наведені в табл.1 та на рис.1.

Окремі статті витрат теплоти розраховані за величинами ентальпій відповідних потоків цукрового заводу. Причому тут враховані також і рецикли теплоти. Так, прихід теплоти з барометричною водою включає в себе частину витрат теплоти в конденсаторах і теплоту, привнесену з охолоджувальною водою, яка подається в конденсатори, повернення надлишку конденсату з ТЕЦ також є рециклом теплоти.

Теплота, що внесена з вапняним молоком , включає також теплоту аміачної води, що використовується для гасіння вапна.

Таблиця 1. Тепловий баланс типового цукрового заводу [1]

Найменування показника		Кількість теплоти, кДж/кг	Доля теплоти, %
Надходження теплоти			
1	Греюча пара із ТЕЦ	1471,86	71,98
2	Сировина	37,71	1,84
3	Барометрична вода	169,35	8,28
4	Вапняне молоко і сатураційний газ	62,26	3,04
5	Електроенергія	76,59	3,74
6	Повернення конденсата із ТЕЦ	146,65	7,17
7	Повернення жомопресової води	80,48	3,94
	Усього:	2044,88	100,00
Витрата теплоти			
1	Конденсат в ТЕЦ	482,68	23,60
2	Конденсат в аміачний збірник	257,18	12,58
3	Жом віджатий	138,18	6,76

4	Цукор	12,06	0,59
5	Фильтраційний осад	21,70	1,06
6	Пара на конденсатор	527,94	25,82
7	Аспірація	6,28	0,31
8	Теплові втрати через поверхню устаткування та трубопроводи	477,40	23,35
9	Теплові втрати при 1-й сатурації	74,16	3,63
10	Теплові втрати при 2-й сатурації	28,99	1,42
11	Сульфітація води	10,60	0,52
12	Сульфітація сока	5,65	0,28
13	Сульфітація сиропу	2,01	0,10
	Усього:	2044,88	100,00

Як випливає з наведених даних, основна кількість теплоти (практично 3/4) вводиться в технологічний процес з гріючою парою з ТЕЦ.

Теплота реакції вапна з вуглекислим газом є частиною теплоти палива, витраченого в ТЕЦ на виробництво електроенергії в вапняно-обпалюваної печі при виробництві вапна та сатураційного газу.

З втрат теплоти найбільшими є втрати з парою, яка направляється в конденсатори з вакуум-апаратів і останнього корпусу випарної установки.

Дуже істотні також втрати теплоти через зовнішні поверхні обладнання і трубопроводів, а також з конденсатом, який направляється в збірник надлишкових конденсатів (аміачний ящик) і, практично, невживаних в технологічному процесі.

У той же час повернення конденсату в ТЕЦ не є прямими втратами теплоти для комплексу цукровий завод - ТЕЦ, тому що його теплота використовується при виробленні пари в парогенераторах.

Слід зазначити, що даний розподіл приходу теплоти і, особливо, величини статей його витрати є усередненими.

Залежно від конкретних умов роботи заводу окремі статті витрат можуть істотно змінюватися [7-10].

Так, при роботі з рідкими сиропами має велике значення, чи можуть зрости втрати теплоти з парою, які направляються в конденсатори.

Погіршення теплової ізоляції і зниження продуктивності заводу призводить до збільшення частки втрат теплоти від зовнішніх поверхонь обладнання і трубопроводів.

Зміна температурного режиму технологічних процесів також буде змінювати величини тепловтрат в навколишнє середовище.

5. Енергосберегаючи опції в виробництві цукору

Аналіз джерел енергетичних втрат у системах виробництва цукру, розглянутих вище, а також досліджених у [11-16], дозволив сформувати такі три групи енергозберігаючих опцій.

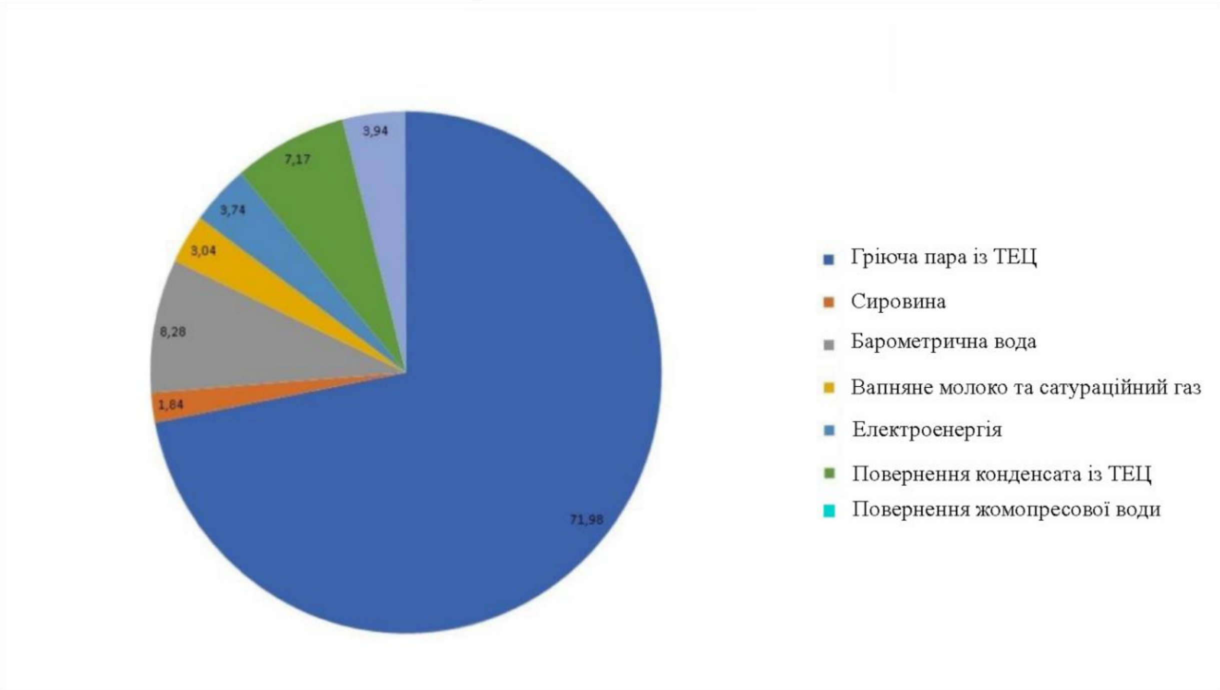
5.1. Група 1. Опції, які використовують вторинні енергоресурси:

- використання гарячого соку на клеювання жовтого цукру;
- використання утфельної пари;
- обігрів вакуум-апаратів утфельною парою;
- використання теплоти конденсатів для нагрівання відтіків у продуктовому відділенні;
- застосування конденсату для нагрівання дифузійного чи дефекованого соку;
- застосування конденсату для нагрівання соку 1-ї сатурації перед фільтрацією (відстійниками);
- використання конденсату для нагрівання соку перед 2-ю сатурацією та соку перед випарною установкою;
- використання теплоти сатураційних газів;
- використання демомонізованих конденсатів та жомопресової води для живлення дифузійних установок;
- використання утфельної пари для нагрівання дифузійного або дефекованого соку.

5.2. Група 2. Опції, що змінюють параметри енергоносіїв:

- компресія вторинної пари БВУ;
- зниження температури відбору дифузійного соку;
- зниження температури гарячої дефекації, процесу 1-ї та 2-ї сатурації;
- використання теплоти газів, що не конденсуються;
- зниження повернення нефільтрованого соку 1-ї сатурації, у тому числі повернення густої суспензії;
- застосування комбінованої пробілки цукру;
- підвищення розрідження у вакуум-апаратах за рахунок зниження підсмоктування повітря, поліпшення роботи конденсаційної установки, зниження аеродинамічних втрат у трубопроводах.

Прихід теплоти



Витрата теплоти

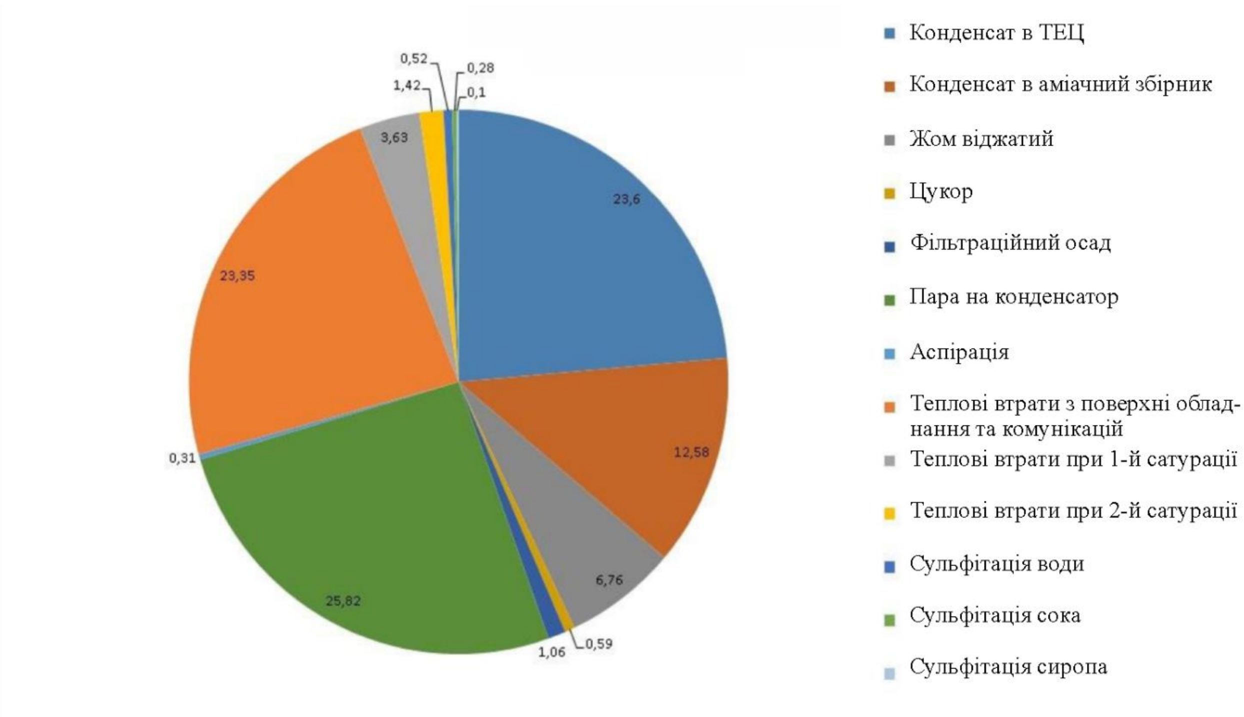


Рис. 1. Енергетичний баланс (%) типового цукрового заводу.

5.3. Група 3. Опції, що базуються на конструктивно-компонувальних рішеннях (структурні зміни):

- застосування гідродинамічного випарника;
- перенесення паровідбору на кінцеві корпуси БВП;
- збільшення числа корпусів БВУ;
- поліпшення циркуляції утфелю у вакуум-апараті вдуванням пари, аміачних газів, повітря;
- нагрівання відтіків у продуктовому відділенні у пластинчастих підігрівачах;
- зниження надходження пари з останнього корпусу до конденсатора;
- поліпшення теплової ізоляції обладнання та трубопроводів;
- відведення пропарювання вакуум-апаратів у клерувальні мішалки.

Неважко бачити, що виявлені потенціали енергозбереження можуть бути основою подальшого пошуку раціональних варіантів схем виробництва цукру. Однак, слід враховувати, що реалізація більшості з них (наприклад, використання утфельної пари, компресія вторинної пари МВУ, перенесення паровідбору на кінцеві корпуси, збільшення числа корпусів МВУ тощо) вимагатиме суттєвих капітальних вкладень.

Тому остаточне рішення про застосування конкретних енергозберігаючих опцій вимагає проведення відповідної термоекономічної оцінки [11-16] , яка, як відомо, передбачає проведення термодинамічного аналізу системи з розрахунком відповідних ексергетичних потоків та втрат ексергії як в окремих елементах цукрового виробництва, так і в системі в цілому.

6. Висновки

1. Розраховані основні енергетичні показники типової схеми виробництва цукру продуктивністю 3000 т цукру на добу, аналіз яких показав, що найбільшими є втрати з парою, яка направляється в конденсатори з вакуум-апаратів та останнього корпусу випарної установки.
2. На підставі проведеного термодинамічного аналізу систем виробництва цукру сформовано три групи енергозберігаючих опцій: які використовують вторинні енергоресурси; що змінюють параметри енергоносіїв; заснованих на конструктивних компонувальних рішеннях (структурні зміни системи).
3. Показано, що виявлені потенціали енергозбереження та розраховані енергетичні характеристики системи можуть бути основою для подальшої термоекономічної оптимізації систем виробництва цукру, оскільки реалізація більшості енергозберігаючих опцій потребує суттєвих капітальних вкладень.

Список літератури

1) Мельник С.И., Никульшин В.Р., Денисова А.Е., Белоусов А.В. Термодинамический анализ систем производства сахара. Вісник НТУ (ХПІ). 2018. № 18 (1294), с. 57-64.
2) Штангеєв К.О. Випарні установки та теплові схеми цукрових заводів. Київ: ЮНІДО. 2015. 66 с.
3) Славянский А.А. Промышленное производство сахара: Учебное пособие. Москва: МГУТУ имени К.Г. Разумовского. 2015. 255 с.
4) Филоненко В.Н., Цыганков Д.Н., Швецов А.А. Рациональная последовательность энергосберегающих технических решений для сахарного завода. Сахар. 2016. № 9. с. 24–31.
5) Schulze T. A look at technological and technical tower extraction trends SUGAR INDUSTRY. Zuckerindustrie. 2015. vol. 140. no. 12. p. 748–752.
6) Yousif Karm and Ahmed Rahamatalla. 2014. Previous Study of Elgunied Sugar Factory. R. Deshmukh, A. Jacobson, D. Kammer, Thermal gasification or direct combustion? Comparison of advanced cogeneration systems in the sugarcane industry. Biomass Bioenerg. 2013. vol. 55. p. 163–174.
7) R. Palacois-Bereche, A. Ensinas, M. Modesto, S.A. Nebra. New alternatives for the fermentation process in the ethanol production from sugarcane: extractive and low temperature fermentation. Energy. 2014. vol. 70. p. 595–604.
8) T.Taner, M. Sivrioglu. Data on energy, exergy analysis and optimization for a sugar factory. Data in Brief. 2015. no. 5. p. 408–410.
9) Tolga Taner, Mecit Sivrioglu. Energy exergy analysis and optimisation of a model sugar factory in Turkey. Energy. 2015. vol. 93. p. 641–654.
10) R. Palacios-Bereche, A. Ensinas, M. Modesto, S.A. Nebra. Doble-effect distillation and thermal integration applied to the ethanol production process. Energy. 2015. vol. 82. p. 512–523.
11) Мельник С.И., Никульшин В.Р., Денисова А.Е. Потенциалы энергосбережения в энерготехнологических системах производства сахара. Праці VII Міжнарод. конф. «Муніципальна енергетика: Проблеми, рішення». Миколаїв. 21-22 грудня 2017. – С. 31-33.
12) Nikulshin V.R., Denysova A.E., Melnik S.I., Budarin V.A., Bilousova N.G. First section temperature drop local optimization for sugar production multistage evaporation system. // Proc. of the 5-th Int. Scientific and Practical Conference “Dynamics of the development of world science”. Vancouver, Canada, January 22-24, 2020. – pp. 226-233.
13) Nikulshin V.R., Denysova A.E., Melnik S.I., Wysochin V.V., Andrjuschenko A.M. Local optimum of second section for sugar production evaporation system. // Proc. of the 5-th Int. Scientific and Practical Conference “Perspective world science and education”. Osaka, Japan, January 29-231, 2020. – pp. 142-147.
14) Nikulshin V.R., Denysova A.E., Melnik S.I., Andrjuschenko A.M., Budarin V.A. Local optimum of third section for sugar production evaporation system. //

Proc. of the 2-nd Int. Scientific and Practical Conference "Eurasian scientific congress". Barcelona, Spain, February 24-25, 2020. – pp. 152-156.

15) Nikulshin V.R., Denysova A.E., Melnik S.I., Wysochin V.V. Optimization of the fifth section for sugar production evaporation system. Magyr Tudomanyos Journal, N 50, 2021, pp. 59-62.

16) Nikulshin V.R., Denysova A.E., Melnik S.I., Andrjuschenko A.M., Wysochin V.V. Optimisation of sections for sugar production evaporation system. In collective monograph: Technical research and development / Kalafat K., Vakhitova L., Drizhd V., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2021. pp.234-237.